

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 9 月 10 日 (10.09.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/077457 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01F 1/04, H05H 7/04, 13/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/002038
- (22) 国際出願日: 2004 年 2 月 20 日 (20.02.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-050541 2003 年 2 月 27 日 (27.02.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 NEOMAX (NEOMAX CO., LTD.) [JP/JP]; 〒

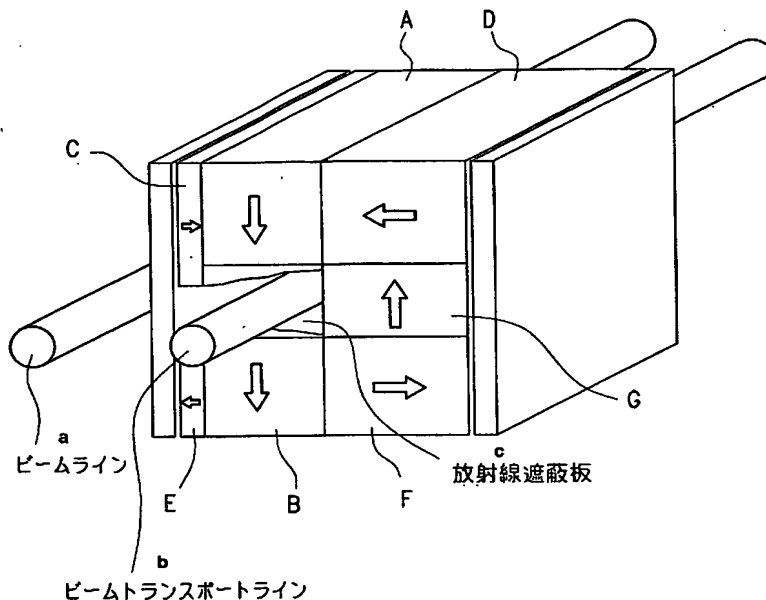
5410041 大阪府大阪市 中央区北浜四丁目 7 番 1 9 号  
Osaka (JP). 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 (INTER-UNIVERSITY RESEARCH INSTITUTE CORPORATION HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANIZATION) [JP/JP]; 〒3050801 茨城県つくば市大穂 1 番地 1 Ibaraki (JP).

- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 榎田 顕 (MAKITA, Ken) [JP/JP]; 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2-15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内 Osaka (JP). 杉山 英二 (SUGIYAMA, Eiji) [JP/JP]; 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2-15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内 Osaka (JP). 青木 雅昭 (AOKI, Masaaki) [JP/JP]; 〒6180013 大阪府三島

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET FOR PARTICLE BEAM ACCELERATOR AND MAGNETIC FIELD GENERATOR

(54) 発明の名称: 粒子線加速器用永久磁石および磁界発生装置



A...BEAM LINE  
B...BEAM TRANSPORT LINE  
C...RADIATION SHIELD

(57) Abstract: A permanent magnet for particle beam accelerators hardly demagnetized even when exposed to radiation even though the permanent magnet is an Nd-Fe-B magnet. The permanent magnet is used in environments where the permanent magnet is exposed to radiation with an absorbed dose of 3,000 Gy or greater. The permanent magnet contains R (at least one kind of the rare earth elements), B, the balance TM (including at least one kind of the transition elements and essentially including Fe), and inevitable impurity elements. The permanent magnet is magnetized so that the permeance factor is 0.5 or more. The coercive magnetic force  $H_C$  is 1.6 MA/m or more. The permanent magnet is a sintered magnet. A magnetic field generator is also disclosed.

(57) 要約: Nd-Fe-B系磁石を用いながら、放射線照射によっても減磁しにくい粒子線加速器用永久磁石と磁界発生装置を提供することができる。吸収線量3,000Gy以上の放射線に被曝される環境で使用され

る粒子線加速器用永久磁石であって、R (希土類元素のうちの少なくとも1種)、B、TM (遷

[続葉有]

WO 2004/077457 A1



郡島本町江川 2-15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内 Osaka (JP). 村上 嘉一 (MURAKAMI, Kaichi) [JP/JP]; 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川 2-15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内 Osaka (JP). 川久保 忠通 (KAWAKUBO, Tadamichi) [JP/JP]; 〒3050801 茨城県つくば市大穂 1 番地 1 高エネルギー加速器研究機構内 Ibaraki (JP). 中村 英滋 (NAKAMURA, Eiji) [JP/JP]; 〒3050801 茨城県つくば市大穂 1 番地 1 高エネルギー加速器研究機構内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA, Seiji); 〒5400038 大阪府大阪市中央区内淡路町一丁目 3 番 6 号 片岡ビル 2 階 奥田国際特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

00 FEB 2005

## 明 細 書

## 粒子線加速器用永久磁石および磁界発生装置

技術分野

5       本発明は、吸収線量 3, 000 Gy 以上の放射線に被曝  
される環境で使用される永久磁石に関しており、特に、物  
性研究に使われるシンクロトロンや、放射線医療の分野で  
使われるサイクロトロンなどに用いることができる粒子線  
10       加速器用永久磁石に関する。また、本発明は、このよ  
うな永久磁石を複数備えた磁界発生装置に関する。

背景技術

粒子線加速器には、物性研究のための高エネルギー粒子  
線の発生に使われるシンクロトロンや、ガン検診に使われ  
15       る放射性同位体を製造するための小型のサイクロトロンな  
どがある。最近では、診断だけでなく、陽子線をガン患者  
の患部に直接照射する放射線治療にも加速器が用いられ始  
めている。

粒子線加速器は、粒子線を入射させる機構、電荷をもつ  
20       粒子に高周波電場を加えて加速するための機構、および粒  
子線を所望の方向に偏向させるための磁界を印加する機構  
を備えている。

例えばシンクロトロンの場合は、主リングまたは蓄積リ

5       ングと呼ばれる環状の軌道内で粒子線を走らせるための偏向磁界、軌道内の粒子線を収束させるための収束磁界、および、主リングへの粒子線の入射または主リングからの粒子線の取り出しのための偏向磁界が用いられる。一方、サイクロトロンの場合では、粒子線が渦巻き状に加速するための均一な静磁界が用いられる。

      従来、シンクロトロンおよびサイクロトロンのいずれについても、上記の磁界は、電磁石によって発生させられていた。

10       粒子線加速器には、収束磁界のように原理的に磁界強度を可変とすることによって調整可能にしなければならない箇所もある一方、運転中は一定の静磁界が必要な箇所もある。シンクロトロンのビーム取出口では、主リングまたは蓄積リング中を走る粒子線に「キッカー磁石」と呼ばれる  
15       電磁石でパルス状の磁界を与えて粒子線のコースをわずかに変化させる。その粒子線は、更に「セプタム磁石」と呼ばれる電磁石によって大きく偏向されることになる。このようなセプタム磁石は、大きくて均一な静磁界を形成することが求められるとともに、粒子加速器の主リングの近く  
20       に設置されるため、セプタム磁石が強磁界を発生する空間（磁界発生空間）から外部の領域へ漏洩する磁界を可能な限り小さくする（例えば5 mT以下）ことが必要である。

      なお、サイクロトロンの場合は、前述のように、均一な

静磁界を形成することが必要であるが、加速粒子として陽子を使用する場合、陽子は電子に比べて質量が大きいいため、陽子を偏向するために1.0 T以上の強い静磁界が必要とされる。

5        粒子線加速器用に用いられる磁石については、特開昭64-72502号公報、特開平8-255726号公報、特開2001-28300号公報、特開2003-305021号公報などに記載されている。

10       前述のように、粒子加速器用に用いられる電磁石は強い磁界を発生することが求められるため、動作に際して電磁石のコイルに大電流を流す必要がある。

15       しかし、コイルに大電流を流すと、コイルで発生するジュール熱が多くなるため、この熱を速やかに取り除く必要があり、そのためにコイル周辺に冷却機構を設ける必要がある。

20       更に、電磁石を用いる場合、電磁石の発生する断続的な強い磁界のため、電磁石を構成する各部材が破損しやすいという問題もある。また、電磁石に用いられる大量のヨーク材は、主として鉄からなるため、ビームラインから発生する放射線の照射によって放射化されやすい。放射化とは、加速粒子線などを照射された物質の一部が放射性核種に転換されて、自ら放射能を持つようになる現象である。ヨーク材が放射化されてしまうと、電磁石のメンテナンスの

ために作業者が電磁石に接近することが困難になる。

このように、粒子加速器に電磁石を用いる場合に生じる種々の問題を避けるため、電磁石に代えて永久磁石を用いることが可能である。例えば、米国のフェルミ研究所における粒子加速器の蓄積リングには、ハードフェライト磁石が採用されている。ハードフェライトは、小型のままでは強い偏向磁界（例えば約2 T）を発生することができず、小型の粒子加速器を病院などに普及させることができない。

2-17系SmCo焼結磁石は、放射線照射による減磁が少なく、最大エネルギー積が $240 \text{ kJ/m}^3$ を超える高性能磁石である。このため、粒子加速器のための強い磁界を発生するために、2-17系SmCo焼結磁石を用いることも可能である。しかし、この磁石の主要成分であり、かつ必須元素でもあるCoには、放射化しやすいという欠点があり、メンテナンスを考えると加速器への採用は難しい。

Nd-Fe-B系焼結磁石は、最大エネルギー積が $320 \text{ kJ/m}^3$ を超える高性能を発揮し得るため、加速器の小型化に威力を発揮、放射化も2-17系SmCo焼結磁石と比較して生じにくい利点がある。しかし、Nd-Fe-B系焼結磁石は、放射線の照射によって減磁しやすいという欠点を有している。

図 1 を参照しながら、Nd-F e-B 系焼結磁石が放射線照射によって減磁するメカニズムを説明する。図 1 は、Nd-F e-B 系焼結磁石の一部を拡大した模式図である。図中の○は、Nd<sub>2</sub>F e<sub>14</sub>B 型結晶を構成する原子を示している。相対的に小さな●は、エネルギー E<sub>0</sub> の放射線（高エネルギー粒子）を示しており、この粒子は、矢印に沿って飛行し、領域 R の中心に位置する原子に衝突するものとする。なお、放射線は、陽子線、中性子線、アルファ線、ベータ線、重イオン粒子線のような粒子線であってもよいし、ガンマ線、X 線のような電磁波であってもよい。

図 1 に示すように、放射線が Nd-F e-B 系焼結磁石における原子内の原子核に衝突すると、衝突された原子がはじき飛ばされる場合もあるが、多くの場合、原子は弾き飛ばされず、入射エネルギー E<sub>0</sub> が熱として磁石に吸収され、衝突原子の周辺における格子振動を増大させる。その結果、領域 R で局所的な温度上昇が生じる。放射線のエネルギー E<sub>0</sub> が領域 R に吸収される前の温度を T<sub>L</sub>、吸収後の温度を T<sub>H</sub> とすると、温度上昇の大きさは、 $\Delta T = T_H - T_L$  で表され、エネルギー E<sub>0</sub> に比例する。放射線照射後の温度 T<sub>H</sub> が磁石のキュリー温度 T<sub>c</sub> よりも高くなる場合、磁石の保磁力 H<sub>cJ</sub> や領域 R のパーミアンス係数 P<sub>c</sub> の大きさにかかわらず、領域 R は冷却過程で磁化反転をおこす。Nd-F e-B 系焼結磁石の保磁力発現メカニズムは、

ニュークリエーション型であるため、領域 R が磁気反転を引き起こすと、領域 R を含む 1 つの結晶粒の全体が磁化反転を起こすことになる。このような磁化反転は、放射線の照射量が増えるにつれ、焼結磁石のあらゆる領域（結晶粒）で進行し、やがては焼結磁石の全体が大きく減磁する。

このようにして減磁が進むと、一定の強力な磁界を発生させることができず、したがって、従来の Nd - Fe - B 系焼結磁石を用いて粒子線加速器用磁界発生装置を作製することは実用化に至っていない。

本発明はかかる諸点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、Nd - Fe - B 系磁石を用いながら放射線照射によっても減磁しにくい粒子線加速器用永久磁石および磁界発生装置を提供することにある。

### 発明の開示

本発明の粒子線加速器用永久磁石は、吸収線量 3, 000 Gy 以上の放射線に被曝される環境で使用される粒子線加速器用永久磁石であって、R（希土類元素のうちの少なくとも 1 種）、B（硼素）、および TM（遷移元素のうちの少なくとも 1 種で、Fe を含有するもの）、および不可避免的に含まれる不純物元素を含有し、パーミアンス係数が 0.5 以上の着磁状態にあり、かつ保磁力  $H_c$  が 1.6 MA/m 以上の焼結磁石である粒子線加速器用永久磁石。



好ましい実施形態において、前記焼結磁石の組成比は、  
R : 25.0 ~ 40.0 質量%、B : 0.8 ~ 1.2 質  
量%、不可避免的に含まれる不純物元素、および T M : 残部  
である。

5 好ましい実施形態においては、R が N d および / または  
P r を必須元素として含む。

好ましい実施形態においては、R が D y および / または  
T b を更に含む。

10 好ましい実施形態においては、T M が磁石全体の 1.0  
質量%以下の C o を含む。

本発明の磁界発生装置は、吸収線量 3,000 G y 以上  
の放射線に被曝される環境で使用される磁界発生装置であ  
って、磁界発生空間を形成するように略環状に配置された  
複数の永久磁石を備えており、前記永久磁石は、R (希土  
15 類元素のうちの少なくとも1種)、B (硼素)、および T  
M (遷移元素のうち少なくとも1種で、F e を含有するも  
の)、および不可避免的に含まれる不純物元素を含有し、パ  
ーミアンス係数が 0.5 以上の着磁状態にあり、かつ保磁  
力  $H_c$  が 1.6 MA / m 以上の焼結磁石である。

20 好ましい実施形態において、前記焼結磁石の組成比は、  
R : 25.0 ~ 40.0 質量%、B : 0.8 ~ 1.2 質  
量%、不可避免的に含まれる不純物元素、および T M : 残部  
である。

好ましい実施形態において、前記複数の永久磁石は、前記磁界発生空間を挟んで対向する第1磁石および第2磁石を含み、前記第1磁石および第2磁石は、前記磁界発生空間の中央部を通る直線であって前記中央部における磁界方向に平行な直線に沿って配列されている。

好ましい実施形態において、前記複数の永久磁石によって構成される磁石体の形状は、前記直線を含む第1の平面に関して略対称であるが、前記直線を含み前記第1の平面に垂直な第2の平面に関しては非対称である。

好ましい実施形態において、前記磁石体の外周面の少なくとも一部は強磁性体によって覆われている。

好ましい実施形態において、前記複数の永久磁石は、前記第1磁石を挟みこむ位置に配置された第3磁石および第4磁石と、前記第2磁石を挟みこむ位置に配置された第5磁石および第6磁石とを含み、前記第2の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第3磁石のサイズは、前記第2の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第4磁石のサイズより小さく、前記第2の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第5磁石のサイズは、前記第2の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第6磁石のサイズより小さい。

好ましい実施形態において、前記磁界発生空間に形成される磁界の強度を変化させるための付加的な磁石をさらに備え、前記付加的な磁石は、前記複数の永久磁石の少なく

とも一部と磁氣的に結合する可動磁気回路部分を形成し、かつ、前記磁界発生空間に対する相対位置関係が可変に調節できるように保持されている。

5 好ましい実施形態において、前記可動磁気回路部分は、複数の磁石を構成要素として含み、前記複数の磁石は水平方向に移動可能である。

好ましい実施形態において、前記複数の永久磁石は、前記第4磁石と前記第6磁石との間に配置された第7磁石を含んでいる。

10 好ましい実施形態において、前記永久磁石の温度を室温よりも低い温度に保持する機構を更に備えている。

好ましい実施形態において、前記第1磁石および前記第2磁石の対向面には、前記第2の平面からの距離に応じて厚さが変化する強磁性体が設けられている。

15 好ましい実施形態において、前記複数の永久磁石の各々は、直方体形状を有している。

本発明の粒子線加速器は、上記のいずれかの磁界発生装置と、前記磁界発生装置と放射線飛来源との間に配置された厚さ0.1mm以上の遮蔽板とを備えている。

20

#### 図面の簡単な説明

図1は、放射線に被曝した磁石の結晶構造を表す模式図である。図中の丸印は、磁石を構成する原子を表している。

図 2 は、本発明の永久磁石が好適に用いられる粒子線加速器の構成を模式的に示している図である。

図 3 は、永久磁石を用いたセプタム磁石の構造を示す模式的斜視図である。

5 図 4 は、図 3 に示す構成の改変例を示す斜視図である。

### 発明を実施するための最良の形態

図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態を説明する。

10 図 2 は、本発明の永久磁石が好適に用いられる粒子線加速器の構成を模式的に示している。

図 2 の粒子線加速器は、少なくとも、粒子線を加速するための主リング M R と、主リング中を走る粒子線に対してパルス状の磁界を及ぼすキッカー磁石 K と、キッカー磁石 K によって主リング内のコースから分離させられた粒子線を更に偏向するためのセプタム磁石 S 1、S 2、S 3 とを備えている。

主リング M R やキッカー磁石 K の構成は、従来のものと同様であり、本実施形態で特徴的な点は、セプタム磁石の構成にある。このため、以下においては、セプタム磁石について、その詳細を説明する。

図 3 を参照する。図 3 は、セプタム磁石 S 1、S 2、S 3 の少なくとも 1 つ（好ましくは全てのセプタム磁石）に

用いられる本実施形態の磁界発生装置を示している。図 3  
には、X Y Z 座標が示されている。この座標の原点は、ビ  
ームトランスポートラインが通る磁界発生空間の中央に位  
置しているものとする。Z 軸方向は、ビームトランスポー  
5 トライン内を飛行する粒子に及ぼされる磁界の向きに平行  
であり、Y 軸方向は、ビームトランスポートライン内を飛  
行する粒子の進行方向に平行である。X 軸方向は、ビーム  
トランスポートライン内を飛行する粒子が陽子である場合  
に、その陽子に及ぶ力の向きに平行である。なお、粒子が  
10 電子などの負に荷電した粒子である場合、図 3 の磁界発生  
装置の構成のままでは、その粒子に及ぶ力が X 軸方向に対  
して反平行となる。この磁界発生装置は、粒子に対してビ  
ームラインから離れる方向に力を付与する必要があるため、  
負に荷電している粒子の場合は、各永久磁石の磁化方向を  
15 反転し、磁界発生空間に形成する磁界の向きを - Z 軸方向  
に一致させる必要がある。

本実施形態の磁界発生装置は、主リング内のビームライ  
ンの近くに配置され、かつ、ビームラインから分離したビ  
ームトランスポートラインに対して強い偏向磁界を付与す  
20 るため、ビームトランスポートラインを取り囲むようにし  
て複数の永久磁石が略リング状に配置されている。

この磁界発生装置を構成する永久磁石は、何れも、Nd  
- Fe - B 系焼結磁石であり、R (希土類元素のうちの少

なくとも1種)、B(硼素)、およびTM(遷移元素のうち少なくとも1種で、Feを含有するもの)、および不可避免的に含まれる不純物元素を含有している。好ましい形態では、R:25.0~40.0質量%、B:0.8~1.2質量%、TM:残部、および、不可避免的に含まれる不純物元素を含有している。また、本実施形態の磁石は、パーミアンス係数が0.5以上の着磁状態にあり、かつ、保磁力 $H_c$ が1.6MA/m以上である。この永久磁石の組成や磁気特性などの詳細については、後述し、ここでは、この永久磁石によって構成される磁気回路を説明する。

さらに、上記の永久磁石を用いて磁気回路を形成した後、高温下にさらされると、磁界の均一度が低下する可能性がある。このような磁界均一度の低下を防止するためには、特開2003-305021号公報に開示されている熱処理(例えば40~70℃の加熱処理)を上記永久磁石に対して施しておくことが好ましい。

本実施形態の磁界発生装置は、それぞれが直方体形状を有する7つの永久磁石領域から構成され、これらの永久磁石を磁界発生空間の周りに略リング状に配列することによってハルバッハ型磁界回路に類似した磁気回路が形成されている。なお、各磁石領域は、図3に示す磁気回路を形成する複数の永久磁石のうち、第1磁石領域Aおよび第2磁石領域Bは、磁界発生空間を挟んで対向しており、磁界発

生空間の中央部を通る直線（Z軸）に沿って配列されている。

第3磁石領域Cおよび第4磁石領域Dは、第1磁石領域Aを挟みこむようにして第1磁石領域Aの両側に配置され、  
5 第5磁石領域Eおよび第6磁石領域Fは、第2磁石領域Bを挟みこむようにして第2磁石領域Bの両側に配置されている。また、第4磁石領域Dと第6磁石領域Fとの間には、第7磁石領域Gが配置されている。

第1磁石領域Aおよび第2磁石領域Bの磁化方向は、磁  
10 界発生空間の中央部に形成する磁界の方向と一致し、Z軸方向を向いている。これに対し、第3磁石領域Cおよび第6磁石領域Fの磁化方向はX軸方向を向き、第4磁石領域Dおよび第5磁石領域Eの磁化方向は-X軸方向を向いている。第7磁石領域Gの磁化方向は-Z軸方向を向き、第  
15 1磁石領域Aおよび第2磁石領域Bの磁化方向とは反平行の関係にある。

このように7つの永久磁石領域A～Gは、中央部に磁界発生空間を形成するように略リング状に配列されているが、完全なリング状構造は形成されおらず、ビームラインとビ  
20 ームトランスポートラインとの間には永久磁石の存在しない部分が設けられている。このため、図3に示す磁石体（磁気回路）は、厳密な意味では「ハルバッハ型」でなく、ギャップを有する「C型（コの字型）」の構造を有してい

ることになる。

磁界発生空間の中央を通る前記の直線（Z軸）を含む第1の平面（XZ面）と、このZ軸を含み第1の平面に垂直な第2の平面（YZ面）を仮想的に考えると、7つの永久磁石領域A～Gによって構成される磁石体（磁器回路）の形状は、第1の平面（XZ平面）に関して略対称であるが、第2の平面（YZ面）に関しては非対称である。すなわち、YZ面に垂直な方向（X軸方向）に沿って計測した第3磁石領域Cおよび第5磁石領域Eのサイズ（X方向サイズ）は、第4磁石領域Dおよび第6磁石領域FのX方向サイズより小さくなるように設計されている。

このような左右非対称構造の磁気回路を採用する理由は、ビームラインとビームトランスポートラインとの間の距離が小さい場合においても、強力な磁界を発生させるためである。図2に示すセプタム磁石S1は、主リングMRに最も近い位置に置かれるが、従来のハルバッハ型構造の磁器回路を採用したならば、このような位置に置くことは困難になる。これに対し、本実施形態の構成によれば、図3に示す構成の磁界発生装置をセプタム磁石S1に用いることが可能となる。なお、各磁石領域は、より小型の磁石体を重ね合わせたものであってよい。

磁界発生空間の磁界強度を変化させるため、図4に示すような可動磁気回路部分を形成するように他の永久磁石を



付加しても良い。図 4 に示す可動磁気回路部分は、第 8 磁石領域 H、第 9 磁石領域 I、第 10 磁石領域 J、および第 11 磁石領域 K を有している。第 8 磁石領域 H および第 9 磁石領域 I は、それぞれ、第 1 磁石領域 A および第 4 磁石領域 D と同様の方向に磁化されている。一方、第 10 磁石領域 J および第 11 磁石領域 K は、それぞれ、第 2 磁石領域 B および第 6 磁石領域 F と同様の方向に磁化されている。

第 8 磁石領域 H、第 9 磁石領域 I、第 10 磁石領域 J、および第 11 磁石領域 K は、水平方向に移動できるように保持されている。これらの磁石を図 4 において左方向に徐々に移動させてゆくと、最終的には、第 8 磁石領域 H および第 9 磁石領域 I は、それぞれ、第 1 磁石領域 A および第 4 磁石領域 D の真上に位置し、第 10 磁石領域 J および第 11 磁石領域 K は、それぞれ、第 2 磁石領域 B および第 6 磁石領域 F の真下に位置することになる。このときの図 4 に示す磁界発生装置は、図 3 の磁界発生装置における第 1 磁石領域 A および第 4 磁石領域 D、ならびに第 2 磁石領域 B および第 6 磁石領域 F の各々を上下に 2 分した構成と類似した構成を有することになる。

上記の第 8 磁石領域 H、第 9 磁石領域 I、第 10 磁石領域 J、および第 11 磁石領域 K を水平方向に移動させ、これらの磁石領域の位置を調節することにより、磁界発生空間に形成される磁界の強度を所定範囲内で磁場分布を大き

く乱すことなく任意に変化させることが可能になる。

また、図 4 には示していないが、漏洩磁界を低減したり、  
組み立てを容易にするため、磁石 H、I、J、K の外周部  
に鉄、鉄・ニッケル合金、鉄・コバルト合金などの高飽和  
5 磁束密度材料からなる部材を配置してもよい。

このような可動磁界回路部分を形成するために必要な磁  
石領域の構成や磁石数は、図 4 に示すものに限定されない。

なお、磁石 H、I、J、K を可動させる機構については、  
公知のリニアガイド、ネジ、ベアリングモータなどを使用  
10 することができる。また、位置決めには、公知のセンサや  
磁気スケールを使用することができる。

なお、ビームラインとビームトランスポートラインとの  
分岐点では、粒子線照射による放射化が特に生じやすい。  
このため、放射化した部材からセプタム磁石への粒子線照  
15 射が問題になる。本実施形態では、後述するように、放射  
線照射によってほとんど減磁しない焼結磁石を採用してい  
るが、それでも、可能な限り、粒子線の照射量を低減する  
ことが好ましい。このため、磁石の表面と放射線の飛来源  
との間に遮蔽板を配置すると、磁石への被曝量を低減でき  
20 るので好ましい。遮蔽板の厚さが 0.1 mm 未満であると、  
被曝量の低減に効果があまりないので、遮蔽板の厚さは 0.  
1 mm 以上であることが好ましい。遮蔽板の材料としては、  
例えば、熱中性子に対する散乱断面積の大きいボロンの同

位体<sup>10</sup>Bや通常のボロンを多く含んだボロンステンレス材などを用いることが好ましい。

また、磁石の温度を室温よりも低い温度に保持することが好ましい。磁石を冷却する機構を設けた場合、磁石温度  
5 が室温に略等しい場合に比べて保磁力が向上する。また、  
図1に示す領域Rの温度上昇後の温度 $T_H$ も低くなるため、  
被曝時の減磁が少なくなるため好ましい。

磁石を冷却する手段としては、液体窒素、液体ヘリウム、  
固体二酸化炭素などの寒剤を用いたり、循環型の冷媒やペ  
10 ルチェ素子を用いた冷凍装置を用いることができる。磁石  
を冷却する場合、RにNdを含めるかわりにPrを含有させ  
れば、Nd系の磁石に見られる低温でのスピン再配列現象  
に伴う残留磁束密度の低下を防止することができるので  
好ましい。また、磁石材料の放射化を防止するには、TM  
15 にCoを含ませない組成にすることが好ましい。R-TM-  
B焼結磁石において、Coは必須元素ではないので、Co  
を含有させない磁石組成は極めて容易に実現できる。

本発明の磁石組成は、25.0～40.0質量%のR  
(希土類元素のうちの少なくとも1種)と、0.8～1.  
20 2質量%のB(硼素)とを含有し、残部がTM(遷移元素  
のうち少なくとも1種で、Feを含有する)である。ただ  
し、不可避免的に含まれる不純物元素を含有していても良い。  
Rが25.0質量%未満であると、保磁力が低下し、Rが

40. 0質量%を越えると、残留磁束密度が低下する。R  
の好ましい範囲は29.0~32.0質量%である。Rが  
Ndの他にDy、および／あるいはTbを含有すると、固  
有保磁力を高めることができるので更に好ましい。Dy、  
5 および／あるいはTbの磁石組成に占める割合は2.5質  
量%以上であることが好ましい。B（硼素）が0.8質  
量%未満であると保磁力が低下し、1.2質量%を越える  
と残留磁束密度が低下する。TMがFeを含有しないと残  
留磁束密度が低下するので、TMはFeを必ず含む。TM  
10 におけるFeの含有率は50質量%以上であることが好ま  
しい。

本実施形態におけるR-TM-B系焼結磁石は、例えば  
原料合金の粉碎、磁界中成形、真空雰囲気中での焼結、熱  
処理、機械加工、表面コーティングなどの工程を行うこと  
15 によって製造される。こうして作成されるR-TM-B系  
焼結磁石の密度は7.5g/cm<sup>3</sup>以上、結晶粒径は1~  
20μmであることが好ましい。より好ましい結晶粒径の  
範囲は5~10μmである。

本実施形態におけるR-TM-B系焼結磁石は、パーミ  
20 アンス係数が0.5以上での着磁状態にあり、吸収線量3,  
000Gy以上の放射線に被曝させたとき、その表面磁束  
密度の低下率が5%未満となるように組成が調節されてい  
る。表面磁束密度の低下率が5%以上になると、磁気回路

としての安定性に欠けるため好ましくない。また、パーミアンス係数が0.5未満となる形状を有する磁石は、磁石内部に発生する反磁界が大きくなるため、同じ条件で被曝させた場合でも表面磁束密度の低下率が大きくなる傾向がある。このため、本発明では、パーミアンス係数を0.5以上限定している。

なお、本明細書において、磁石の吸収線量とは、被曝時間の長短にかかわらず、磁石が吸収した線量の総和を表すものとする。3,000 Gyの吸収線量は、磁石が1 kG当たり3,000 Jの放射線エネルギーを吸収したときの線量を意味する。

1 kGの磁石が3,000 Jの放射線エネルギーを吸収し、そのエネルギーがすべて熱に変換された場合における磁石の温度上昇を見積もると、磁石の比熱を $0.5 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$ として、磁石全体の温度上昇は6 Kとなる。6 Kの温度上昇は、熱減磁が大きな問題となるような大きさではない。しかし、従来の磁石では、前述したように、局所的な温度上昇によっても磁化反転が生じ、表面磁束密度の低下が起こる。

## 【実施例】

### （実施例1）

まず、表1に示すように、Nd、Dy、B、Fe、および不可避免的に含有される元素を含む組成のR-TM-B系

- 原料粉末を用意した。粉末の平均粒径は $3.0\mu\text{m}$ であった。この粉末を磁界中で成形した後、真空中において $1060^{\circ}\text{C}$ 、4hの焼結を行い、焼結磁石素材を作製した。この焼結磁石素材から採取した試験片の着磁後における磁気特性（室温）を表2に示す。また、表2には、各焼結磁石素材のキュリー点（ $T_c$ ）を記載している。

（表1）

	No.	磁石組成（質量％）			
		Nd	Dy	B	Fe
実施例	1	21.0	10.0	1.0	残部
	2	23.5	7.5	1.0	残部
	3	26.0	5.0	1.0	残部
比例較	4	28.5	2.5	1.0	残部
	5	31.0	—	1.0	残部

（表2）

	No.	Br (T)	H <sub>c</sub> J (MA/m)	(BH) <sub>max</sub> (kJ/m <sup>3</sup> )	キュリー点 (°C)
実施例	1	1.15	2.4	255	316
	2	1.21	2.0	279	316
	3	1.26	1.6	303	316
比例較	4	1.33	1.3	342	318
	5	1.39	0.9	374	316

次に、得られた焼結磁石素材を機械的に加工し、着磁方向が10mm、磁化困難方向が34mm四方の直方体形状を有する磁石加工品を作製した。次に、これらの磁石加工品を、表1に示す各組成につき、2個ずつ着磁した。

- 5       この後、同一組成を有する2個の磁石加工品のうちの一方の磁石のN極と、他方の磁石のS極とに、それぞれ、ポールピースを吸着させた。各ホールピースは、厚さ1mm、長さ34mm四方の鉄板から作製した。さらに、両方のポールピース同士を、スペーサを挟んで吸着させ、1対の磁石試料を完成させた。スペーサは、厚さ1.65mm、長さ34mm四方の亚克力板から作製し、スペーサの中央部には巾5mmの欠落部を設けた。この欠落部からガウスメータのホール素子を挿入し、ギャップ間の中心における磁束量を測定できるようにした。このようにして作製した
- 10       磁石試料のパーミアンス係数 $P_c$  ( $B/\mu_0 H$ )の平均値は1.2であった。
- 15

- 上記磁石試料を、陽子シンクロトロン加速器の主リングのビーム取り出し口に設置されたセプタム電磁石のそばに配置した。磁石試料とビームラインとの距離は85cmに設定した。
- 20

次に、加速された陽子がビームラインの配管と衝突する際に発生する中性子によって磁石試料を被曝させた。磁石試料の吸収線量は、磁石試料のそばに設置したアルミニウ

△試料の放射化の程度によって測定した。磁石試料の吸収線量が3,500Gyに達したとき、磁石試料の中心磁束を測定した。被曝前の測定値と比較して、被曝前後における表面磁束の低下率を求めた結果を表3に示す。

5 (表3)

	No.	中心磁束の低下率 (%)
		$P_c = 1.2$
実 施 例	1	1.0
	2	3.3
	3	5.0
比 例 較	4	8.3
	5	38.7

(比較例1)

表1に示した組成を有する焼結磁石を実施例1と全く同様の製造条件で作製し、表2に示す磁気特性を有する焼結磁石素材を得た。得られた磁石素材について、実施例1と同様の機械加工と被曝試験を行った。表3には、磁石の吸収線量が3,500Gyに達したときの磁石試料（比較例1）の中心磁束の低下率を示している。

表3から、実施例1～3については、3,500Gyの吸収線量に達するまで放射線に被曝させた場合でも、表面磁束の低下率が5%以下に抑えられることがわかる。このような表面磁束の低下率は、実用的に問題のないレベルである。これに対し、比較例1～2では、表面磁束の低下率



が5%を越えている。

表2に示すように、実施例と比較例との間にキュリー点の差異はほとんどない。図1を参照しながら説明した考え方によれば、キュリー点が同レベルにあれば、保磁力の大きさによらず、放射線照射による減磁は同程度に進行すると考えるべきであるが、実際には、保磁力が高いほど減磁率が小さくなるとという予想外の結果が得られた。

(実施例2)

まず、Nd、Dy、B、Fe、および不可避免的に含有される元素からなる組成を有し、平均粒径が $3.0\mu\text{m}$ のR-TM-B系原料粉末を用意した。この粉末を磁界中で成形した後、真空中で $1060^{\circ}\text{C}$ 、4hの焼結を行った。こうして、Ndが28.5質量%、Dyが2.5質量%、Bが1.0質量%、Coが1.0質量%、残部がFeからなる組成の焼結磁石素材を作製した。これらの焼結磁石素材から採取した試験片の着磁後の室温における磁気特性は、 $B_r$ が1.33T、 $H_{cJ}$ が1.3MA/m、 $(BH)_{\text{max}}$ が $342\text{kJ}/\text{m}^3$ であった。

次に、上記の焼結磁石素材を機械的に加工して、直方体磁石を作製し、着磁した。着磁後の直方体磁石を用いて、図3に示す構成の磁界発生装置を組み立てた。なお、図3に示す個々の各磁石領域を一個の磁石素材で構成することは困難であるため、多数の小さな磁石素材ブロックを相互

に接着することにより、図3の磁界発生装置を組み立てた。

このような磁界発生装置において、対向させた鉄製シムの間に発生する磁界は1.10Tであった。本実施例における鉄製シムの各々は、対向面側に傾斜部を有している。

5 この傾斜部の存在により、対向する鉄製シムの間隔が図3のX軸に沿って変化している。鉄製シムの形状を適切に設計することにより、発生磁界の均一度を高めることができる。図3における磁界強度のX軸方向における均一性は、装置の略中央に位置する磁界発生空間において±3%以内  
10 であり、また、図3における磁界発生装置の左側の位置における漏洩磁界は1.4mTであった。

作製した磁界発生装置をセプタム磁石として実際の粒子加速器に組み込む場合には、図3に示したように磁界発生部の中心にキッカー磁石から分岐されたビームトランスポートのステンレス管を挿入し、図3の左側の鉄板の磁気シールドの外側に主リングのビームラインのステンレス管が  
15 通るように磁界発生装置を配置すればよい。このとき、ビームトランスポートのステンレス管には1.0T以上の強い磁界で加速粒子を偏向することができる。

20 本実施例では、主リングのビームラインのステンレス管への漏洩磁界は小さいので、好ましくない偏向を加えるおそれがない。また、磁石中のCo含有料が少ないので、Sm-Co系焼結磁石を用いた磁界発生装置に比べて放射化

に伴う磁界発生装置からの放射線の発生量も少ないと予想され、磁界発生装置のメンテナンスの際の作業者の被曝量を低減することが可能である。

実施例 1 の結果から、本願発明の  $H_c J$  が  $1.6 \text{ MA/m}$  以上の磁石を用いて実施例 2 に示した磁界発生装置を組み立てたとき、磁界発生装置を構成する磁石は加速器の運転中に発生する中性子により被曝しても減磁率が小さくできる。

このようにして、電力消費や冷却水の循環なしに安定で均一度の高い静磁界の発生が可能で、かつ加速器運転時に発生する放射線に被曝しても発生磁界の低下がなく、従来の電磁石式のセプタム磁石と同等の機能を有する  $\text{Nd-F e-B}$  永久磁石式のセプタム磁石を提供できることがわかる。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、 $\text{Nd-F e-B}$  系磁石を用いながら、放射線照射によっても減磁しにくい粒子線加速器用永久磁石と磁界発生装置を提供することができる。本発明によれば、電磁石のように多量の電力を消費することなく、粒子加速器用途に必要な強い磁界を発生することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 吸収線量 3, 000 Gy 以上の放射線に被曝される環境で使用される粒子線加速器用永久磁石であって、

5 R (希土類元素のうちの少なくとも1種)、B (硼素)、  
および TM (遷移元素のうち少なくとも1種で、Fe を含有するもの)、および不可避免的に含まれる不純物元素を含有し、

10 パーミアンス係数が 0.5 以上の着磁状態にあり、かつ  
保磁力  $H_c$  が 1.6 MA/m 以上の焼結磁石である粒子線加速器用永久磁石。

2. 前記焼結磁石の組成比は、

R : 25.0 ~ 40.0 質量%、

15 B : 0.8 ~ 1.2 質量%、

不可避免的に含まれる不純物元素、および

TM : 残部である、請求項 1 に記載の粒子線加速器用永久磁石。

20 3. R が Nd および / または Pr を必須元素として含む請求項 1 または 2 に記載の粒子線加速器用永久磁石。

4. RがDyおよび／またはTbを更に含む請求項3に記載の粒子線加速器用永久磁石。

5. TMが磁石全体の1.0質量%以下のCoを含む  
5 請求項1から4のいずれかに記載の粒子線加速器用永久磁石。

6. 吸収線量3,000Gy以上の放射線に被曝される環境で使用される磁界発生装置であって、

10 磁界発生空間を形成するように略環状に配置された複数の永久磁石を備えており、

前記永久磁石は、

R（希土類元素のうちの少なくとも1種）、B（硼素）、  
およびTM（遷移元素のうちの少なくとも1種で、Feを含む  
15 有するもの）、および不可避免的に含まれる不純物元素を含有し、

パーミアンス係数が0.5以上での着磁状態にあり、かつ保磁力 $H_c$ が1.6MA/m以上である磁界発生装置。

20 7. 前記焼結磁石の組成比は、

R：25.0～40.0質量%、

B：0.8～1.2質量%、

不可避免的に含まれる不純物元素、および

T M : 残部である、請求項 6 に記載の磁界発生装置。

8. 前記複数の永久磁石は、前記磁界発生空間を挟んで対向する第 1 磁石および第 2 磁石を含み、

5 前記第 1 磁石および第 2 磁石は、前記磁界発生空間の中央部を通る直線であって前記中央部における磁界方向に平行な直線に沿って配列されている、請求項 7 に記載の磁界発生装置。

10 9. 前記複数の永久磁石によって構成される磁石体の形状は、前記直線を含む第 1 の平面に関して略対称であるが、前記直線を含み前記第 1 の平面に垂直な第 2 の平面に関して是非対称である、請求項 8 に記載の磁界発生装置。

15 10. 前記磁石体の外周面の少なくとも一部は強磁性体によって覆われている請求項 9 に記載の磁界発生装置。

11. 前記複数の永久磁石は、

前記第 1 磁石を挟みこむ位置に配置された第 3 磁石および第 4 磁石と、

20 前記第 2 磁石を挟みこむ位置に配置された第 5 磁石および第 6 磁石と、

を含み、

前記第 2 の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第 3 磁石のサイズは、前記第 2 の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第 4 磁石のサイズより小さく、

5 前記第 2 の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第 5 磁石のサイズは、前記第 2 の平面に垂直な方向に沿って計測した前記第 6 磁石のサイズより小さい、請求項 9 または 10 に記載の磁界発生装置。

10 12. 前記磁界発生空間に形成される磁界の強度を変化させるための付加的な磁石をさらに備え、

前記付加的な磁石は、前記複数の永久磁石の少なくとも一部と磁氣的に結合する可動磁気回路部分を形成し、かつ、前記磁界発生空間に対する相対位置関係が可変に調節できるように保持されている請求項 11 に記載の磁界発生装置。

15

13. 前記可動磁気回路部分は、複数の磁石を構成要素として含み、前記複数の磁石は水平方向に移動可能である請求項 12 に記載の磁界発生装置。

20

14. 前記複数の永久磁石は、

前記第 4 磁石と前記第 6 磁石との間に配置された第 7 磁石を含んでいる請求項 11 から 13 のいずれかに記載の磁界発生装置。

15. 前記永久磁石の温度を室温よりも低い温度に保持する機構を更に備えている請求項6から14のいずれかに記載の磁界発生装置。

5 16. 前記第1磁石および前記第2磁石の対向面には、前記第2の平面からの距離に応じて厚さが変化する強磁性体が設けられている請求項6から15のいずれかに記載の磁界発生装置。

10 17. 前記複数の永久磁石の各々は、直方体形状を有している請求項6から15のいずれかに記載の磁界発生装置。

15 18. 請求項6から17のいずれかに記載の磁界発生装置と、

前記磁界発生装置と放射線飛来源との間に配置された厚さ0.1mm以上の遮蔽板と、  
を備えた粒子線加速器。

20



図1

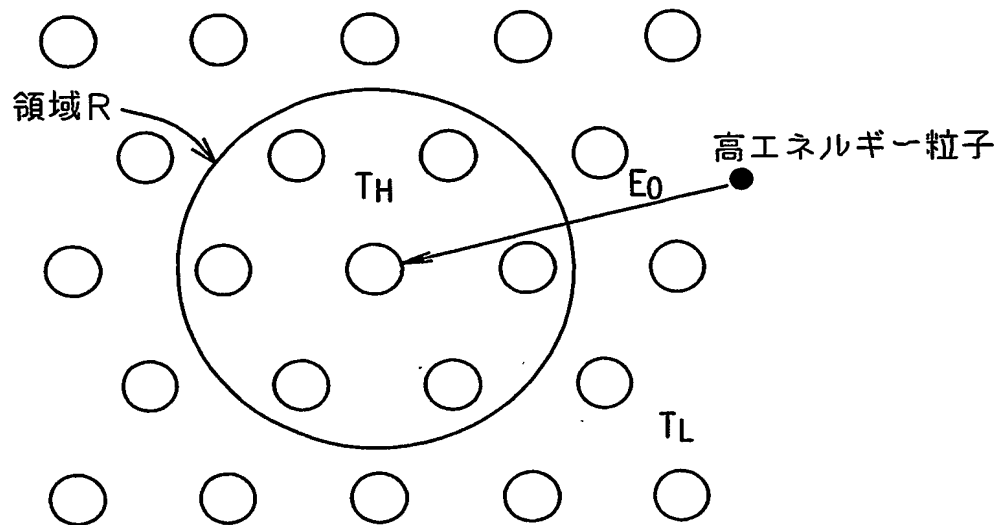


図2

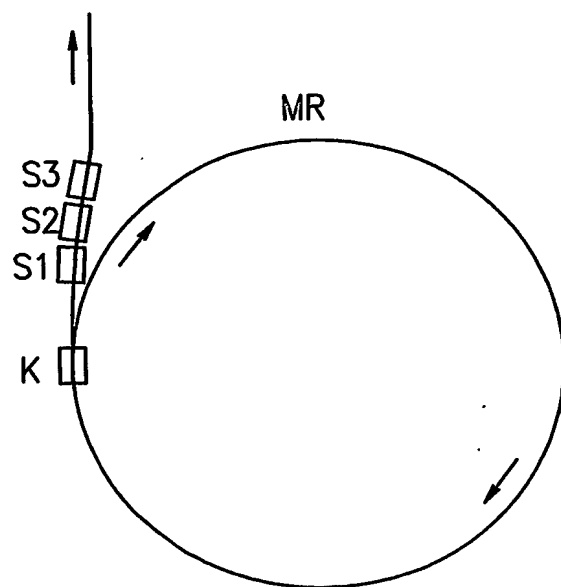


図3

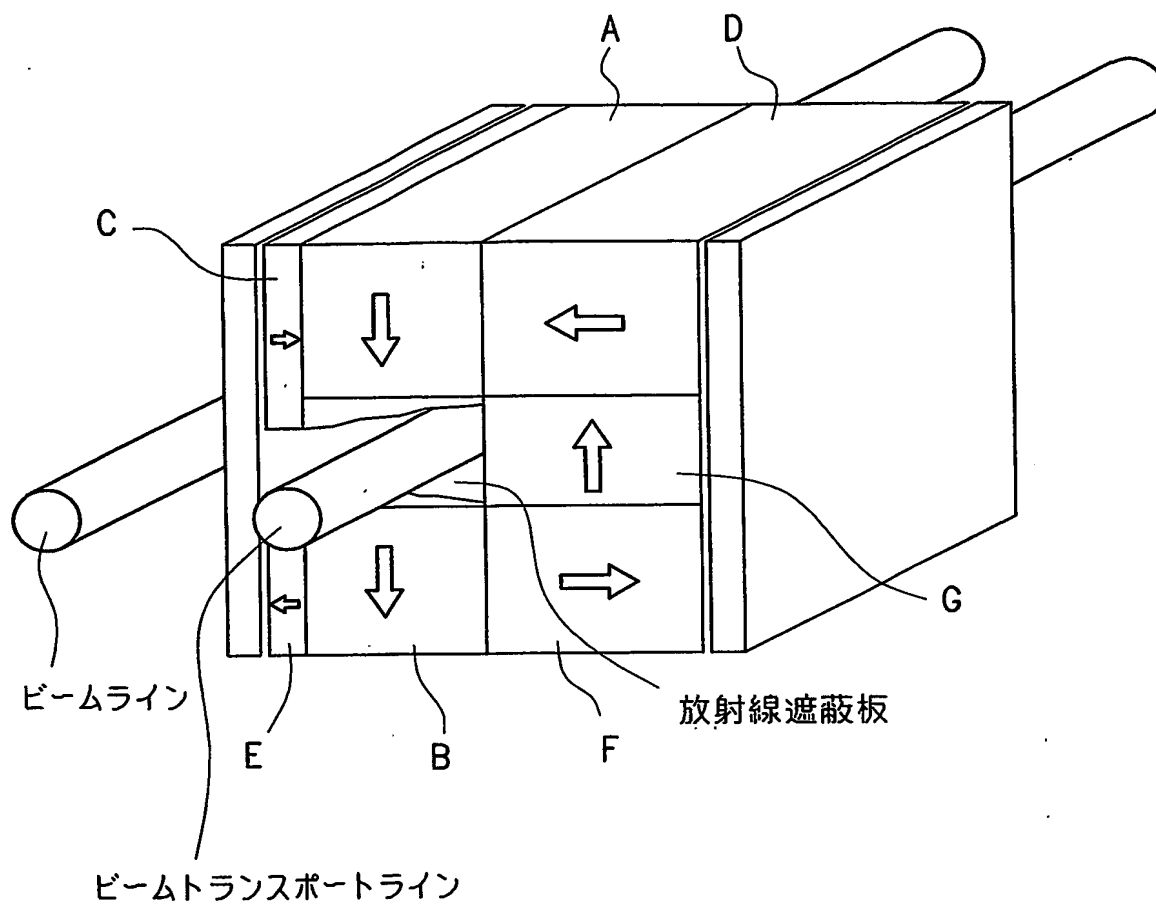
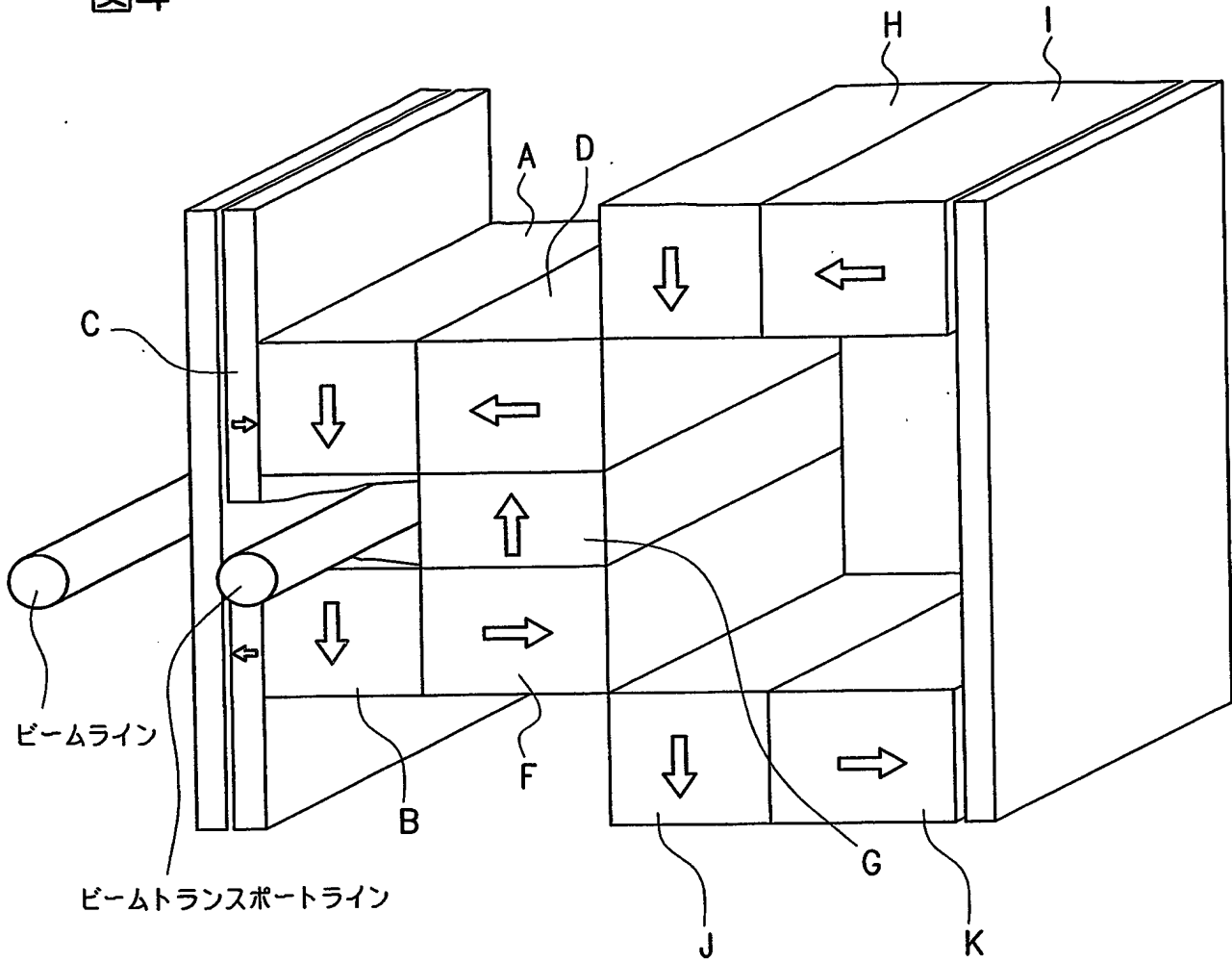


図4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002038

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01F1/04, H05H7/04, 13/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01F1/04, H05H7/04, 13/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 6-260316 A (Hitachi Metals, Ltd.), 16 September, 1994 (16.09.94), Full text; Fig. 3 & DE 4331563 A	1-5 6-9, 11-15, 17, 18
X Y	JP 2002-299110 A (TDK Corp.), 11 October, 2002 (11.10.02), Par. Nos. [0015] to [0016]	1-5 6-9, 11-15, 17, 18
Y	JP 10-270197 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 09 October, 1998 (09.10.98), Full text; Figs. 1 to 5	6-9, 11-15, 17, 18
Y	JP 4-334899 A (Kobe Steel, Ltd.), 20 November, 1992 (20.11.92), Full text; Figs. 1, 3	12, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 March, 2004 (26.03.04)

Date of mailing of the international search report  
13 April, 2004 (13.04.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002038

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2-101146 A (Masato SAGAWA), 12 April, 1990 (12.04.90), Page 3 & EP 0362805 A                      & DE 68914078 A & US 4995905 A                      & ES 2050750 T	15
Y	JP 2-114499 A (Mitsubishi Electric Corp.), 26 April, 1990 (26.04.90) Full text; Fig. 1	18

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002038

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☒ Claims Nos.: 10, 16  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
The ferromagnetic body covering at least a part of the outer peripheral surface of a magnet and the ferromagnetic body having a varying thickness are not supported by the best mode for carrying out the invention of the description and the drawings. (Continued to extra sheet.)
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/002038

Continuation of Box No.II-2 of continuation of first sheet (2)

Therefore the constituent features of the ferromagnetic bodies are unclear.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 1/04, H05H 7/04, 13/04

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 1/04, H05H 7/04, 13/04

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P 6-260316 A (日立金属株式会社) 1994. 09. 16, 全文, 図3 & DE 4331563 A	1-5 6-9. 11-15, 1 7, 18
X Y	J P 2002-299110 A (ティーディーケイ株式会社) 2002. 10. 11, 段落【0015】-【0016】	1-5 6-9. 11-15, 1 7, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 03. 2004

国際調査報告の発送日

13. 4. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5 R

3 1 4 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3565



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-270197 A (川崎重工業株式会社) 1998. 10. 09, 全文, 第1-5図	6-9, 11-15, 17, 18
Y	JP 4-334899 A (株式会社神戸製鋼所) 1992. 11. 20, 全文, 第1, 3図	12, 13
Y	JP 2-101146 A (佐川真人) 1990. 04. 12, 第3頁 & EP 0362805 A & DE 68914078A & US 4995905 A & ES 2050750 T	15
Y	JP 2-114499 A (三菱電機株式会社) 1990. 04. 26, 全文, 第1図	18

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☒ 請求の範囲 10, 16 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、  
磁石体の外周面の少なくとも一部を覆う強磁性体、及び、厚みの変化する強磁性体が、  
発明を実施するための最良の形態及び図面に記載されておらず、強磁性体の構成が不明である。
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。